Ueber die Art des Absterbens verschiedener quergestreifter Muskeln bei erhöhter Temperatur.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Dr Paul von Grützner

o. ö. Professor der Physiologie und Vorstand des physiolog. Instituts

der medicinischen Fakultät in Tübingen

vorgelegt

von

Adolf Basler

approb. Arzt aus Offenburg.

AGAD. LAND RAT. BURG

Tübingen

Verlag von Franz Pietzcker

1902.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen.
Oktober 1902.

Referent: Prof Dr von Grützner.

Druck von Otto Riecker's Buchdruckerei in Tübingen.

Das Absterben der Muskeln nach dem Tode wurde erst im Anfang des verflossenen Jahrhunderts und zwar nur in einer seiner Erscheinungen, allerdings der auffälligsten, nämlich der Totenstarre einer wissenschaftlichen Untersuchung unterworfen.

Nysten [1]) und Busch [2]) waren die ersten, welche Gesetze aufstellten über die Schnelligkeit, mit der die einzelnen Muskelgruppen absterben. Nysten beobachtete, dass beim Menschen der Rigor mortis in ganz bestimmter Reihenfolge auftritt und zwar in der Weise, dass zuerst die Muskeln des Stamms und des Halses, dann die der oberen und zuletzt die der unteren Extremität erstarren; in der gleichen Reihenfolge vollzieht sich auch wieder die Lösung. Busch, welcher an Säugetieren experimentierte, kam zu etwas anderen Resultaten, indem er fand, dass zuerst die Extremitäten, dann die Muskulatur des Halses und zuletzt die des Rückens steif wird.

Onimus [3]), der bei der Beurteilung des Absterbens mehr Gewicht auf die Abnahme der Reizbarkeit als auf die Starre legte, gelangte für den Menschen zu folgendem Gesetz: Zuerst verlieren die Erregbarkeit die Zunge und das Zwerchfell, dann die Muskeln des Gesichts; von diesen als letzter der Masseter. Die Extensoren der Extremitäten sterben etwa 1 Stunde vor den Flexoren ab. An den Fingern erstarren

---

[1]) Nysten, P. H.: Recherches de physiologie et de chimie pathologique. Paris 1811.

[2]) Busch, E.: Experimenta quaedam circa mortem. Halae 1819.

[3]) Onimus, E: Journal de l'anatomie et de la physiologie 1873, pag. 442 und 1880, pag. 629.

zuerst die Muskeln des Daumenballens [1]), weshalb die Daumen bei fast allen Leichen unter die übrigen Finger eingeschlagen sind. (Sommer'sche Stellungen.)

Die Reihe dieser Untersuchungen vervollständigte Ewald [2]), indem er zeigte, dass von den Gesichtsmuskeln die Augenmuskeln zuerst starr werden.

Am Herzen stirbt nach Onimus der linke Ventrikel schon 30 Minuten nach dem Tode ab, während der rechte seine Erregbarkeit erst nach 1 Stunde verliert. Dann folgt der linke, dann der rechte Vorhof. Das rechte Herzohr, das »Ultimum moriens Halleri« ist 16 Stunden lang erregbar.

Erst in neuerer Zeit begann man die Geschwindigkeit, mit welcher die Starre erfolgt, in Beziehung zu bringen mit der Schnelligkeit der Reaktion des Muskels auf Reizung. So fand Bierfreund [3]), dass die auf Reizung rasch zuckenden weissen Muskeln des Kaninchens schneller starr werden als die langsamen roten. Nach seiner Angabe beginnt die Verkürzung beim weissen Gastrocnemius des Kaninchens 1—3 Stunden nach dem Tode und erreicht innerhalb 10 bis 14 Stunden ihr Höhestadium, während der rote Soleus sich erst nach 11—15 Stunden zusammenzieht und erst nach 52—58 Stunden maximale Kontraktion aufweist.

Ein ähnliches gegensätzliches Verhalten beim Absterben wies Bonhöffer [4]), der unter Grützner's Leitung Untersuchungen über die dick- und dünnfaserigen Muskeln der Amphibien anstellte, für die Muskeln von Grasfrosch und Kröte nach.

Grützner [5]), welcher an Kehlköpfen von Schlachttieren

[1]) Hermann, L.: Handbuch der Physiologie I. Teil, Bd I, S. 140, 1879, woselbst auch die ältere Litteratur nachzusehen.

[2]) Ewald, J. Rich.: Pflügers Archiv Band 63, S. 521. 1896.

[3]) Bierfreund, M.: Untersuchungen über die Totenstarre, Pflügers Archiv Band 43. 1888. S. 195.

[4]) Bonhöffer, K.: Ueber einige physiologische Eigenschaften dünn- und dickfasriger Muskeln bei Amphibien. Pflügers Archiv Bd. 47. 1900. S 125.

[5]) Grützner, P.: Recueil zoologique suisse. T. 1, p. 665. 1884.

arbeitete, fand übereinstimmend mit Chauveau [1]), dass die Postici des Kehlkopfs länger erregbar sind als die Vocales und dass erstere langsamer erstarren. Er bringt dieselben dadurch in Beziehung mit den roten Muskeln, während die Vocales sich wie die weissen verhalten.

Die früheren Beobachtungen über das Absterben von Muskeln wurden alle bei der zufälligen Temperatur der umgebenden Luft angestellt. Es ist aber eine bekannte Thatsache, dass die Starre um so rascher erfolgt, je höher die Temperatur liegt. Diesen Umstand kann man benützen, um das Absterben des Muskels zu beschleunigen und dadurch den ganzen Verlauf besser überblicken zu können. Doch darf natürlich in der Erhöhung der Temperatur nicht zu weit gegangen werden, weil sonst die sogen. Wärmestarre eintritt, welche durch Wärmecoagulation des Muskeleiweisses bedingt ist. Bei 60° C erfolgt nach Bierfreund die Erstarrung fast momentan. Ueberschreitet dagegen bei Kaltblütern die Temperatur nicht 40° C, dann spielen sich die einzelnen Erscheinungen nach Nagel [2]) ganz in der gleichen Weise ab wie bei gewöhnlicher Temperatur nur in schnellerer Folge.

Derartige Versuche stellten Langendorff [3]) und Gerlach an und zwar nach Grützners Angabe in physiologischer Kochsalzlösung. Langendorff konnte dabei zeigen, dass die Froschschenkel sich ebenso verhielten wie bei der Reizung, indem sie zuerst in Beugung, dann in Streckung übergiengen, was für die Reizung als Ritter-Rollett'sches Gesetz längst bekannt ist. Er benützte dabei eine Temperatur von 40° C. Nagel bediente sich desselben Verfahrens,

---

[1]) Chauveau, A.: Comptes rendus T. 87, 1878, p 238

[2]) Nagel, W.: Experimentelle Untersuchungen über die Totenstarre bei Kaltblütern. Pflügers Archiv Bd. 58, S. 279. 1894.

[3]) Langendorff, O.: Zur Kenntnis der Muskelstarre nach Versuchen von stud. med. E. Gerlach, Pflügers Archiv Bd. 55, S. 481. 1894.

um die verschiedene Geschwindigkeit des Absterbens der Muskulatur nach Durchschneidung und bei Erhaltung des Nerven zu untersuchen.

Diese Versuche von Langendorff und Nagel wurden nun hier in den letzten Jahren von Grützner und stud. Jacob Wachsmann aus Brooklyn fortgesetzt. Dabei ergab sich die interessante Thatsache, dass nicht blos zuerst die Beuger in ihrer Gesamtheit und nach ihnen die Strecker erstarren, sondern an der leicht wahrnehmbaren weisslichen Verfärbung der erstarrenden Muskeln wurde erkannt, dass hier eine ganz bestimmte Reihenfolge in dem Absterben selbst einzelner Muskeln, ja sogar einzelner Muskelanteile stattfindet. Regelmässig starb z. B. zuerst ab der Sartorius, gewisse Anteile des Biceps und der Flexor tarsi posterior [1]), während dicht neben diesen toten Muskeln lebendige, rötlich durchscheinende sich befanden.

Eigene Untersuchungen.

Herr Prof. v. Grützner forderte mich auf, diese Arbeit weiterzuführen, weshalb ich die Untersuchungen von Wachsmann im Sommer-Semester 1902 wieder aufnahm. Die Versuche wurden alle in einem 15 cm hohen, 14 cm breiten und 6 cm tiefen Metalltrog angestellt, in dessen vorderer Seite eine planparallele Glasplatte eingelassen war. Ein Thermometer gestattete, jeden Augenblick die Temperatur der im Troge befindlichen Salzlösung abzulesen und etwa auftretende Schwankungen derselben sofort zu korrigieren.

Um die geeignetste Temperatur herauszufinden, machte ich zunächst einige Vorversuche, indem ich die der Haut entblösste hintere Hälfte eines Frosches in physiolog. Kochsalzlösung von verschiedener Temperatur brachte. Ich begann mit der

[1]) Grützner, P.: Wanderversammlung der südwest-deutschen Neurologen und Irrenärzte, Baden-Baden 1899. Archiv für Psychiatrie Bd. 32.

Erwärmung auf 33° C. Schon bei dem ersten Versuch zeigte sich, dass diese Temperatur viel zu niedrig war, um die einzelnen Bewegungen beim Erstarren so zu beschleunigen, dass sie leicht zu überblicken waren. Deshalb stieg ich bei jedem der folgenden Versuche um je einen Grad und fand auf diese Weise als geeignetste Temperatur die von 36—38° C. Denn eine niedrigere Temperatur bedingt ein zu langsames Erstarren, während bei 45° und mehr sofort alle Muskeln steif werden, so dass bei dem Froschschenkel augenblicklich Streckung eintrat. Es findet also hier das Gleiche statt, wie wenn man den Ischiadicus mit starken Induktionsströmen reizt, wobei auch sofort Tetanus in extremer Streckung auftritt. Auch Nagel, der im hiesigen Institut arbeitete, hatte 37° C als Optimum der Temperatur herausgefunden.

Bei den nun folgenden Versuchen, welche ich mit kleinen bis mittelgrossen Grasfröschen bei einer Temperatur von 36—37° C anstellte, machte sich 4—5 Minuten, nachdem das Froschpräparat eingetaucht war, ein Heben der Oberschenkel bemerklich, das nach ungefähr 2 weiteren Minuten sein Maximum erreicht hatte, wobei die Oberschenkel horizontal standen. Dann folgte ein Beugen im Knie- und Fussgelenk und zuletzt gieng der ganze Schenkel in Streckung über. Was also die Veränderung der Haltung betrifft, so bestätigen meine Versuche diejenigen von Langendorff vollständig. Hervorheben möchte ich noch, dass die beiden Schenkel sich nicht immer genau symmetrisch bewegten, sondern der eine gewöhnlich etwas hinter dem andern zurückblieb.

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, dass Nagel eine ausgesprochene Beugung nur bei im Institut überwinterten Fröschen sah, während bei den im Sommer eingefangenen die anfängliche Beugehaltung sofort in Streckung übergieng, ohne dass sich vorher der Schenkel stärker flektierte. Nagel erklärt dies Verhalten damit, dass bei den in Freiheit lebenden Exemplaren die Extensoren durch den häufigen Gebrauch kräftiger sind als bei den in

Gefangenschaft gehaltenen. Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen zeigte sich bei meinen Versuchen die ausgesprochenste Beugung, obwohl alle von mir verwendeten Frösche erst im Laufe des Sommers eingefangen waren. Dieser Gegensatz findet vielleicht seine Erklärung darin, dass Nagel zu einer anderen Jahreszeit arbeitete als ich. Die Frösche verhalten sich aber, wie Nagel mit Recht hervorhebt, in den einzelnen Jahreszeiten ausserordentlich verschieden.

Wie ungemein verschieden sich gar verschiedene Froscharten verhalten, dafür ist ein Beispiel, dass Rana esculenta, wie Grützner und Wachsmann[1]) gezeigt haben, zu obigen Versuchen unbrauchbar ist. Vielleicht genügen auch schon einige Wochen der Gefangenschaft, um die Extensoren von ihrer Kraft einbüssen zu lassen.

In der Zeit, in welcher der Oberschenkel sich zu heben beginnt, also ungefähr 5—6 Minuten nach dem Eintauchen fängt zunächst der Sartorius an, sich leicht zu trüben. Diese Trübung nimmt rasch zu, bis sie sich zu einer weissen Verfärbung ausbildet. Etwa zu derselben Zeit machen auch der Biceps und der M. flexor tarsi posterior denselben Prozess durch, während unmittelbar benachbarte Muskeln noch lebend bleiben, d. h. ihr rötlich durchscheinendes Aussehen bewahren. Dann folgen rasch hintereinander alle andern Muskeln des Fusses mit Ausnahme des Extensor tarsi, welcher sich — wie die übrigen Muskeln des Schenkels — lange normal erhält. Auch zeigte sich nach Abpräparieren des Sartorius, dass der unter demselben liegende laterale Saum des Adductor magnus sich ziemlich früh weiss verfärbte.

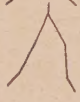
Als Beleg für das Gesagte seien hier einige Versuche erwähnt:

---

[1]) Vergl. Anmerkung auf S. 6.

Versuch vom 26. Juni 1902.

Weiblicher mittelgrosser Grasfrosch, getötet 4^h 35 Min. nachmittags, Präparat eingehängt 4^h 40 Min. In der Flüssigkeit schwebend nahm das Präparat, von vorn betrachtet, zu den unten angegebenen Zeiten eine Stellung ein, wie sie aus beistehenden schematischen Zeichnungen zu ersehen ist:

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
Anfangsstellung: 4^h 40 Min.		Temperatur der physiol. Kochsalzlösung 37^0 C.
4^h 44 Min.		
4^h 45 Min.		Sartorius und Flexor tarsi post. weiss verfärbt.
4^h 46 Min.		
4^h 48 Min.		Die meisten Muskeln des Fusses sind weiss. Beim Herausnehmen zeigt sich auch der Biceps weiss verfärbt.
4^h 49 Min.		
4^h 51 Min.		Alle Muskeln weiss verfärbt.

Versuch vom 5. Juli 1902.

Kleiner weiblicher Grasfrosch, getötet 4^h 35 Min. Präparat eingehängt 4^h 44 Min.

Zeit.	Aussehen von vorn.	Bemerkungen.
Anfangsstellung: 4^h 44 Min.		Temperatur der physiol. Kochsalzlösung 36° C.
4^h 50 Min.		
4^h 51 Min.		Sartorius und Flexor tarsi posterior weiss.
4^h 53 Min.		
4^h 55 Min.		

Versuch vom 16. Juli 1902.

Grösserer männlicher Grasfrosch. Getötet 9^h 30 Min., der linke Sartorius wurde abpräpariert. Präparat eingehängt 10^h 16 Min.

Zeit.	Aussehen von vorn.	Bemerkungen.
10^h 16 Min.		Kochsalzlösung 37,5° C.
10^h 17 Min.		
10^h 23 Min.		Rechts: Sartorius und Flexor tarsi post. weiss; links: der laterale Saum des Adductor magnus.
10^h 24 Min.		
10^h 29 Min.		

Wie Grützner zuerst zeigte, kann man ein dem Ritter-Rollett'schen ähnliches Phänomen nicht blos an den unteren Extremitäten nachweisen, sondern auch die oberen Extremitäten beugen sich bei Reizung des N. brachialis mit schwachen Induktionsströmen. Sobald man die Ströme aber verstärkt, gehen sie in Streckung über. Dies Gesetz gilt allerdings nur für weibliche Frösche, indem die oberen Extremitäten der Männchen bei Reizung mit stärkeren Strömen statt sich zu strecken — wegen der viel kräftigeren Entwicklung der Flexoren — sich noch stärker beugen.

Aus diesem Grunde war in Analogie mit den Langendorff'schen Arbeiten zu erwarten, dass die oberen Extremitäten der Weibchen im warmen Wasserbad zuerst ebenfalls das Stadium der Beugung und dann das der Streckung darbieten würden; doch liess sich mit diesem Versuch nicht das gleiche Resultat erzielen, indem die in das Salzwasser gehängten oberen Extremitäten, welche in der Lösung schwebend zuerst eine mittlere Flexionsstellung einnahmen, sich zwar mehr beugten, aber nie in Streckung übergiengen. Indessen darf ich nicht verschweigen, dass bei einer Temperatur von 45° C auch bei der oberen Extremität sofort Streckung eintrat.

Die eingehängten oberen Extremitäten der Männchen dagegen zeigten, wie dies zu erwarten war, die endgültige Beugung noch ausgesprochener als die der Weibchen.

Als Beispiel sei hier einer meiner Versuche herausgegriffen, welcher am 9. Juli 1902 angestellt wurde.

Kleiner weiblicher Grasfrosch. Getötet 11h 10 Min. vormittags. Obere Extremität eingehängt 11h 25 Min. bei einer Temperatur der physiol. Kochsalzlösung von 37° C.

Zeit.	Aussehen von oben.
11h 25 Min.	
11h 28 Min.	
11h 30 Min.	
11h 32 Min.	

Die gleichen Versuche wurden auch mit Kröten angestellt, dabei ergab sich, dass die Schenkel sofort nach dem Eintauchen sich stark spreizten. Jedoch eine Streckung erfolgte nie in der ausgesprochenen Weise wie bei den Fröschen. Bei diesen Untersuchungen wurden nur weibliche Exemplare verwendet, da mir Männchen nicht zur Verfügung standen.

Versuch vom 9. Juli 1902.

Grosse weibliche Kröte, getötet 3h 5 Min., Präparat eingehängt 3h 50 Min. bei einer Temperatur der Flüssigkeit von 36° C.

Zeit.	Aussehen von vorn.
3h 50 Min.	
3h 56 Min.	
5h 50 Min.	

Aus obigem Versuch ist ohne weiteres ersichtlich, dass der ganze Prozess sich hier viel langsamer abspielt als beim Frosch. Auch waren die Krötenmuskeln meistens noch 2 Stunden nach dem Einhängen mit dem Induktionsstrom erregbar, was auch mit den Angaben von Nagel und Bonhöffer übereinstimmt.

Erklärung der Versuchsergebnisse.

Die erste Frage, welche sich dem Beobachter aufdrängt, ist die: Woher kommt es, dass gerade der Sartorius, der Biceps und der Flexor tarsi posterior zuerst absterben? Da alle 3 Muskeln der oberflächlichen Muskellage angehören, so muss man zunächst an die Möglichkeit denken, dass sie gerade durch diese ihre Lage von der warmen Flüssigkeit eher beeinflusst werden können. Es ist aber absolut kein Grund einzusehen, weshalb gerade die 3 Muskeln mehr exponiert sein sollen als die dicht neben ihnen liegenden, welche länger am Leben bleiben.

Eine entschieden wahrscheinlichere Erklärung giebt die Annahme einer spezifischen auf anatomischer Grundlage beruhenden Verschiedenheit. Die Froschmuskulatur besteht nämlich nach Grützner aus dicken und dünnen Muskelfasern, und zwar in der Weise, dass die einen Muskeln aus überwiegend dicken, die anderen aus überwiegend dünnen Fasern sich aufbauen. Muskeln mit relativ vielen dicken Fasern sind nach Bonhöffer der Vastus und Gastrocnemius, solche mit vielen dünnen der Sartorius, Rectus int. und Biceps. Man kann also nicht umhin anzunehmen, dass die dünnfaserigen Muskeln im warmen Bade zuerst absterben.

Ausser dieser Verfärbung gelang es mir auch, nach Grützner's Angabe direkt eine raschere Verkürzung der dünnen Fasern beim Absterben nachzuweisen [1]). Der Ver-

[1]) Dieser Versuch wurde schon vor mir von Wachsmann ausgeführt.

such gründet sich auf die Thatsache, dass der Sartorius des Frosches in seinen vorderen Teilen aus dünnen, in seinen hinteren dagegen mehr aus dicken Fasern besteht. Der sorgfältig abpräparierte Muskel wurde an seinem Knieende so fixiert, dass er sich nicht um seine Axe drehen konnte. Dabei musste jede Verletzung der Muskelfasern möglichst vermieden werden. Als einfachste Art der Befestigung schien mir daher das Einklemmen der Endsehne in eine Schieberpincette, welche ihrerseits an einem Stativ befestigt wurde. Nach dem Eintauchen in die warme physiologische Kochsalzlösung krümmt sich der Muskel im Verlauf der ersten Minute konkav nach vorn, nach einiger Zeit richtet er sich gerade, zieht sich zusammen und krümmt sich manchmal sogar nach der entgegengesetzten Seite.

Versuch vom 11. Juli 1902.

Mittelgrosser weiblicher Grasfrosch; getötet 9h 9 Min. Rechter Sartorius abpräpariert und an seiner Insertionssehne eingeklemmt. Eingetaucht 9h 24 Min. vormittags.

Zeit.	Aussehen (Muskel von der Kante gesehen, schemat.)	Bemerkungen.
	vorn hinten	
9h 28 Min.		Temperatur der Flüssigkeit 36° C.
9h 32 Min.		Heftige Zuckungen.
9h 44 Min.		Die Temperatur ist um ein kleines gestiegen.
9h 45 Min.		
9h 51 Min.		Der Muskel hat sich bedeutend verkürzt und verdickt.

Den gleichen Versuch stellte ich auch mehrmals in der Weise an, dass der auspräparierte Sartorius in physiologische Kochsalzlösung von Zimmertemperatur aufgehängt wurde. Wie zu erwarten war, dauerte es viele Stunden, bis sich eine Aenderung bemerkbar machte; doch zeigte sich am andern Tag eine Krümmung des Muskels um die vordere Fläche, die sogar in einigen Fällen noch schöner ausgesprochen war als in der Wärme. Diese anfängliche Krümmung nach vorn aber blieb bestehen.

Aus diesem Versuch geht hervor, dass auch bei Zimmertemperatur die dünnen Fasern der Froschmuskeln vor den dicken erstarren.

Für das verschiedene Ausfallen dieser beiden Versuche scheint mir folgende Erklärung am Platze:

In der warmen physiologischen Kochsalzlösung werden auch die dicken Fasern verhältnismässig früh angegriffen und ziehen sich deshalb ziemlich kräftig zusammen (vergl. oben im Versuch auf S. 14 Anfangs- und Endstellung), während die spärlichen dünnen (vordern) Fasern, auch wenn sie schon erstarrt sind, diesem kraftvollen Zuge der zahlreichen dicken (hintern) wenig Widerstand entgegen setzen können.

In der Zimmertemperatur dagegen werden beiderlei Erstarrungsprozesse so in die Länge gezogen und namentlich der zweite hierdurch so abgeschwächt, dass nur die Wirkung der verhältnismässig schnell erstarrenden dünnen Fasern sich bemerklich machen kann.

Die dicken Fasern sterben erst ab, wenn die dünnen schon vollständig starr sind und vermögen dann bei ihrer langsamen und geringfügigen Kontraktion den Muskel nicht mehr gerade zu richten. Denn der Muskel im Salzwasser von Zimmertemperatur zieht sich bei weitem nicht so stark zusammen, wie derjenige in der warmen Flüssigkeit.

Ganz anders verhielt sich der auspräparierte Krötensartorius.

Versuch.

Grosse weibliche Kröte, getötet am 9. Juli 1902, 11 h 5 Min. Der Sartorius wurde abpräpariert und 11 h 24 Min. in physiolog. Kochsalzlösung von 38° C gehängt. Der Muskel blieb wie aus folgenden schematischen Zeichnungen zu ersehen ist, ziemlich gerade.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
11 h 25 Min.		Temperatur der Flüssigkeit 39° C.
11 h 30 Min.		Temperatur der Flüssigkeit 37,5° C.
11 h 45 Min.		Temperatur der Flüssigkeit 37,5° C. Der Muskel ist auf die Hälfte verkürzt und beträchtlich verdickt.

Der Grund für das verschiedene Verhalten ist darin zu suchen, dass in dem Sartorius der Kröte die verschieden erregbaren Elemente viel gleichmässiger verteilt sind als beim Frosch.

Dies zur Erklärung, weshalb gewisse Muskeln früher absterben als andere. Dadurch wird auch der von Langendorff zuerst ausgeführte Versuch verständlich. Denn der Sartorius allein bedingt schon bei seiner Kontraktion Beugung im Kniegelenk und Hebung des Schenkels [1]). Er ist nun allerdings im Verhältnis zum ganzen Froschschenkel ein relativ schwacher Muskel und man könnte vielleicht im Zweifel sein, ob er allein imstande ist, die Beugung auszuführen, aber da ja das ganze Präparat in der Flüssigkeit schwebt, gehört nur eine ganz geringe Kraft dazu, um eine Lageveränderung auszuführen.

[1]) A Eckers und Wiedersheims Anatomie des Frosches. Neu bearbeitet von Dr Ernst Gaupp. 1896 (Abt. 1, S. 179).

Um selbst die Wirkung des Sartorius beurteilen zu können, schnitt ich denselben bei einem Versuch aus dem einen Schenkel (vergl. Versuch S. 10); dabei ergab sich, dass an der vom Sartorius befreiten Extremität nur eine ganz geringe Beugung stattfand. Es ist sehr wohl möglich, dass auch noch andere Flexoren mitarbeiten, um die Beugung zustande zu bringen, doch kann das Absterben nur an den 3 oben erwähnten oberflächlich liegenden Muskeln direkt beobachtet werden. Jedenfalls ist aber für die von uns beobachtete Beugung der Sartorius der wichtigste, wie aus dem eben beschriebenen Versuche hervorgeht. Nach einiger Zeit werden dann aber die widerstandsfähigeren Extensoren starr, und ihre Verkürzung bedingt bei ihrer Ueberlegenheit über die Flexoren ein Strecken der Extremität.

Der Umstand, dass nach der Beugung der oberen Extremität keine Streckung mehr stattfindet, ist dadurch zu erklären, dass die Beuger der oberen Extremität verhältnismässig doch stärker sind als die der unteren. Wenn deshalb die Flexoren erstarrt sind, vermögen die Extensoren, auch wenn sie kräftig ziehen, doch die erstarrten Beuger nicht mehr zu überwinden.

Bei den Kröten zeigen die Muskeln, wie schon bei Gelegenheit des Sartorius erwähnt, eine andere Zusammensetzung als beim Frosch. Da die verschiedenartigen Elemente regelmässiger verteilt sind, haben die Extensoren nur ein verhältnismässig geringes Uebergewicht über die Beuger, weshalb sie dieselben nach dem Erstarren nur in sehr beschränktem Maasse überwinden können. Es kommt natürlich bei allen diesen Versuchen darauf an, dass die Muskeln, welche später erstarren, bedeutend kräftiger sind als die zuerst absterbenden. Würden z. B. beim Frosch die Extensoren vor den Flexoren starr, dann könnten wir nie eine Beugung beobachten.

Muskeln von Warmblütern.

Weisse und rote Muskeln.

Nachdem sich ein so verschiedenes Verhalten der dick- und dünnfaserigen Froschmuskeln beim Erstarren in höherer Temperatur herausgestellt, lag es nahe, ein ähnliches Verhalten auch für rote (sarkoplasmareiche) und weisse (sarkoplasmaarme) Muskeln zu vermuten. Denn die weissen werden unter normalen Verhältnissen früher starr (Bierfreund) und sind im Allgemeinen leichter zu erregen als die roten. Rösner [1]) machte eingehende Untersuchungen über die verschiedene Erregbarkeit der beiden Muskelarten und fand, dass bei Reizung vom Nerven aus die weissen stets leichter zu erregen sind als die roten, mag der Reiz ein elektrischer, chemischer oder mechanischer sein. Bei direkter Erregung des Muskels durch elektrischen und chemischen Reiz zeigt roter und weisser Muskel das gleiche Verhalten; für mechanische Reize dagegen sind die roten viel empfindlicher als die weissen.

Die klassischen Beispiele für rote und weisse Muskeln sind Gastrocnemius und Soleus von Kaninchen und Meerschweinchen. Nach Grützner bestehen aber auch bei allen andern Säugetieren nicht sämtliche Muskeln aus dem gleichen Material, sondern die einen mehr aus sarkoplasmareichen (roten), die andern aus sarkoplasmaarmen (weissen) Fasern, ohne dass man allerdings an der Farbe die verschiedenartige Zusammensetzung erkennen kann. Dieselbe spricht sich dagegen deutlich in der verschiedenen physiologischen Beschaffenheit dieser Muskeln aus. Sehr schön ist diese z. B. am Soleus und Gastrocnemius der Katze zu sehen.

Mit Soleus und Gastrocnemius von Kaninchen, Meerschweinchen und Katze stellte ich Versuche an, in der Weise, dass die beiden möglichst schonend herauspräparierten Muskeln in die warme physiologische Kochsalzlösung gehängt wurden, während in bestimmten Zwischenräumen ihre Erreg-

[1]) Rösner, A.: Ueber die Erregbarkeit verschiedenartiger quergestreifter Muskeln. Pflüger's Archiv Bd 81, 1900 S. 105 und Dissertation Tübingen 1900.

barkeit durch den Induktionsstrom kontroliert wurde. Da für diese Tiere natürlich eine höhere Temperatur nötig ist als für Amphibien, erwärmte ich das physiologische Wasser auf 45° C. Dabei verloren die roten Muskeln ihre Erregbarkeit zu einer Zeit, in der die weissen kaum etwas von der ihrigen eingebüsst hatten.

Um den Einwand zu beseitigen, dass die weissen Fasern in dem viel grösseren Gastrocnemius enthalten sind, und dieser voluminöse Muskel viel schwerer von der Wärme des Wassers durchsetzt wird als der schlanke Soleus, präparierte ich eine kleine Partie des weissen Muskels ab, welche nicht grösser war als der rote, auf die Gefahr hin, Muskelfasern zu verletzen. Dies geschah auch sicher und doch blieb der kleine weisse verletzte Teil viel länger erregbar als der rote unverletzte. Nur ein einziges Mal, als ich zu unvorsichtig präparierte und infolgedessen zu viele der weissen Fasern zerschnitt, verlor der abpräparierte weisse Muskelteil zuerst seine Erregbarkeit. Zur Reizung wurde stets der gewöhnliche Induktionsapparat mit ziemlich langsam schwingendem Hammer verwendet.

Es seien hier einige Versuche in einer Tabelle zusammengestellt.

Tier.	Meerschweinchen.	Meerschweinchen.	Kaninchen	Kaninchen.	Kätzchen.	
Durch Verbluten vor dem Einhängen getötet	20	16	9	140	15	Minuten
Die roten Muskeln zeigen herabgesetzte Erregbarkeit	kurz nach dem Einhängen			nach 5	nach 15	Minuten
Rote Muskeln reagieren nicht mehr nach Die weissen reagieren viel länger	10	8	6	12	20	Minuten

Die roten Muskeln sterben demnach bei einer Temperatur von 45° C viel früher ab als die weissen, welche dagegen in der gewöhnlichen Temperatur viel früher zugrundegehen. So kehrt sich also bei diesen das Verhältnis der Widerstandsfähigkeit bei erhöhter Temperatur um, während die dünnfasrigen Muskeln der Amphibien sowohl bei gewöhnlicher wie bei höherer Temperatur früher absterben als die dickfasrigen.

Kehlkopf.

Einen ähnlichen Gegensatz wie beim Frosch die Beuger und Strecker zeigen nach Grützner [1]) die Oeffner und Schliesser des Kehlkopfs. Bei nicht allzustarken Reizen öffnet sich in der Regel die Stimmritze, während stärkste Reize dieselbe zum Schluss bringen. (Grützner [1]), Livon [2]), Burger [3]). Ein ähnliches Verhalten wies Lange [4]) für die Zunge nach, indem er an Hunden zeigte, dass dieselbe bei Reizung des N. hypoglossus mit schwachen Induktionsströmen zurückgezogen, mit starken vorgeschoben wird.

Während Rosenbach [5]), Burger, Semon [6]), Onodi [7]) u. A. fanden, dass die Postici früher absterben als die Schliesser, kommt Grützner in Uebereinstimmung mit Chauveau zu dem Ergebnis, dass die Crico-arytaenoidei postici länger reizbar sind und später starr werden als die Schliesser. Grützner führt die Verschiedenheit der Angaben darauf zurück, dass die Muskeln Mischungen aus physiologisch und anatomisch verschiedenen Fasern darstellen, welche jedoch im Muskel

[1]) Grützner, P.: Recueil zoologique suisse, T. 1, p. 665. 1884.

[2]) Livon, Ch: Archives de physiol. normale et patholog. 1890 p. 587.

[3]) Burger, H: Onderzoek physiol. labor. Utrecht 5. I 1899, S. 268 und Archiv für Laryngologie Bd. 9 1890.

[4]) Lange, F: v. Langenbeck's Archiv für klinische Chirurgie. Bd. 46, Heft 4.

[5]) Rosenbach, O., Breslauer ärztl. Zeitschr. Bd. 2, 1880, S. 14.

[6]) Semon, F. and Horsley, V.: The British med. Journ. 1886, p. 405.

[7]) Onodi, A.: Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1889, S. 258 u. 289.

nicht gleichmässig verteilt sind. Je nachdem nun diese oder jene Stelle gereizt wird, kommt man unter Umständen zu anderen Resultaten. Nach Bonhöffer erfolgt der Eintritt der Starre beim Vocalis nach 2, bei anderen Kehlkopfmuskeln nach 3 bis 4 Stunden.

Ich machte nun die gleichen Versuche wie mit dem Wadenmuskel auch mit Kehlköpfen verschiedener Säugetiere, und zwar in der Weise, dass der von seinen äusseren Muskeln befreite Kehlkopf von oben her durch Abtragen der Epiglottis und des vorstehenden oberen Randes des Schildknorpels so zugeschnitten wurde, dass die Rima glottidis leicht sichtbar war. Die Hauptsache ist bei dem ganzen Versuch, dass die Postici durch das Abpräparieren des Pharynx nicht verletzt werden. Dann wurde der ganze Kehlkopf an der vorderen Kante der Schildknorpellamellen mit einem Doppelhaken in dem von mir zu allen Versuchen benutzten Gefässe so fixiert, dass man durch die vorn angebrachte Glasplatte bequem auf die Stimmritze sehen konnte.

Während sich die Kehlköpfe von Meerschweinchen als zu klein erwiesen, um in allen ihren Veränderungen genau beobachtet werden zu können, gaben die von Kaninchen und Katzen schon recht schöne Resultate. Das Hauptmaterial zu meinen Arbeiten lieferten indessen die kleineren Schlachttiere: Schafe, Ziegen und Schweine.

Sobald der Kehlkopf einige Zeit mit der warmen Flüssigkeit in Berührung war, begann sich die Rima glottidis zu öffnen, wobei gewöhnlich die Aryknorpel etwas auseinander traten. Noch ehe die Oeffnung in der Mitte ihre grösste Breite erreicht hatte, begann von vorn her der Schluss der Stimmritze. Inzwischen hatte diese nun hinten ihre maximale Spreizweite erreicht. Jetzt schoben sich die Aryknorpel wieder zusammen und die Stimmritze verengte sich.

In einigen Fällen war vor der Erweiterung eine ganz geringe nur sehr kurz dauernde Verengerung der Stimmritze zu beobachten, welche vielleicht auf die Reizung einiger sehr empfindlicher Muskelgruppen zurückzuführen sein dürfte.

Um den Einwand zu widerlegen, die frühere Verkürzung der Postici beruhe darauf, dass sie der Wärme direkt ausgesetzt sind, während die Schliesser von der verhältnismässig dicken Schleimhaut der Stimmfalten bedeckt sind, präparierte ich bei grösseren Kehlköpfen auch die Schliesser frei, und auch bei diesen vollzog sich die Bewegung genau in der beschriebenen Weise.

Die geringen Abweichungen von dem oben im Allgemeinen nach den Bewegungen des Hammelskehlkopfes beschriebenen Verhalten, welche die Kehlköpfe einzelner Tiere darbieten, sind am besten aus den hier folgenden schematisch skizzierten Versuchen zu ersehen. In den folgenden Skizzen ist der Winkel der Schildknorpelplatten stets nach oben gezeichnet.

Versuch Nr. 1 (14. Juli 1902.)

Hammel geschlachtet 2^h.

Kehlkopf in die physiolog. Kochsalzlösung eingehängt 3^h 50 Min. bei einer Temperatur derselben von 44^0 C.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
3^h 50 Min.		
4^h		
4^h 5 Min.		Stärkste Erweiterung.
4^h 15 Min.		
4^h 45 Min.		
5^h 25 Min.		Stärkste Verengerung, fast vollständiger Schluss.

Versuch Nr. 2. (30. Juni 1902.)

Schwein geschlachtet 3h 30 Min.

Kehlkopf in die Lösung gehängt 4h 55 Min. Temp. der physiol. Kochsalzlösung 46° C.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
4h 55 Min.		
5h 4 Min.		Die Temperatur der physiol. Kochsalzlösung sank etwas.
5h 6 Min.		Stärkste Erweiterung.
5h 44 Min.		
5h 50 Min.		Stärkste Verengerung, vollständiger Verschluss nur vorn und hinten.

Hier wie überall ist der vordere Winkel des Schildknorpels nach oben gezeichnet. Auch sind unten die Giessbeckenknorpel angedeutet.

Versuch Nr. 3. (29. Juli 1902.)

Grosses männliches Kaninchen; getötet 10h 30 Min. durch Schlag auf den Kopf und Verbluten.

Kehlkopf eingehängt 10h 56 Min. bei einer Temperatur der physiol. Kochsalzlösung von 45° C.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
10h 56 Min.		
11h 6 Min.		
11h 8 Min.		
11h 15 Min.		Sehr starke Erweiterung.
11h 34 Min.		
11h 35 Min.		
11h 39 Min.		
11h 49 Min.		Vollständige Verschliessung.

Während bei den anderen Tieren stets Oeffnung des Kehlkopfs, dann erst Schliessung desselben eintrat, waren bei den Kaninchen die Resultate nicht so übereinstimmend; denn bei einer ganzen Reihe von Versuchen begann der von Anfang an ziemlich weite Kehlkopf sich sofort zu verengen.

Als Beispiel Versuch Nr. 4 vom 5. Juli 1902.
Mittelgrosses männliches Kaninchen. Kehlkopf 10h 40Min. in physiolog. Kochsalzlösung von 45° C eingetaucht.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
10h 54 Min.		Stärkste Erweiterung.
10h 58 Min.		
11h		
11h 15 Min.		Fast vollständiger Schluss

Versuch Nr. 5 (28. Juli 1902).
Männliche, noch ziemlich junge, ausgewachsene Katze in Chloroformnarkose getötet 9h 45 Min. Kehlkopf eingehängt 10h 10 Min. in phys. Kochsalzlösung von 45° C.

Zeit.	Aussehen.	Bemerkungen.
10h 10 Min.		
10h 20 Min.		Vorderer Verschluss.
10h 25 Min.		—
10h 30 Min.		—
10h 50 Min.		Stärkste, aber mässige Erweiterung bei vorderem Verschluss.
11h 20 Min.		
12h		Stärkste, aber mässige Verengerung.

Aus den angeführten Versuchen geht hervor, dass die Kehlköpfe von Schwein und Kaninchen sich dadurch von denen des Hammels und der Katze unterscheiden, dass der vordere Schluss der Stimmritze sich erst vollzieht, nachdem der Querdurchmesser der Glottis schon in der Abnahme begriffen ist. Mit dem Kaninchenkehlkopf stimmt der des Schweins auch in dem Punkt überein, dass der Schluss der Stimmritze nicht nur von vorn, sondern auch von hinten her stattfindet; was aus dem Vergleich der Abbildungen Nr. 2, 5^h 44 und Nr. 3, 11^h 39 sowie Nr. 4, 11^h sehr deutlich hervorgeht. Der Kaninchenkehlkopf ist der einzige, welcher sich vollständig schliesst. Am nächsten steht ihm hierin der des Hammels. Die Kehlköpfe von Schwein und Katze bleiben am weitesten. Für die Katze ist der Grund hierfür wohl darin zu suchen, dass die Oeffner kräftiger sein sollen als die Schliesser, weshalb auch durch Recurrensreizung nach Hooper[1]) bei der Katze kein Schluss der Stimmbänder zu erzielen ist.

Der Versuch Nr. 5 ist zugleich auch ein Beispiel für die einige Male beobachtete anfängliche Verengerung.

Aus diesen Versuchen geht jedenfalls hervor, dass sich das dem Ritter-Rollett'schen Gesetz analoge Verhalten des Kehlkopfs nicht nur bei der Reizung, sondern wie am Froschschenkel auch beim Erstarren in erwärmter Kochsalzlösung nachweisen lässt. Wenn irgend die Oeffner und Schliesser in Analogie mit den weissen und roten Muskeln der Kaninchen gebracht werden dürfen, dann scheinen sich (wenigstens in Bezug auf das Erstarren in der Wärme) die Oeffner wie die roten und die Schliesser wie die weissen Muskeln zu verhalten. Denn offenbar kontrahieren sich zuerst die Postici, was das Oeffnen der Stimmritze zur Folge hat. Erst ziemlich spät nach diesen ziehen sich die Schliesser zusammen, welche durch ihre Kraft die Oeffner überwinden und die Rima glottidis zum Schluss bringen.

Damit würde auch das Ergebnis der Arbeiten Bonhöffers

[1]) Hooper, Fr H.: New-York. med. Journal 1885, 1887 und 1888.

übereinstimmen, wonach bei gewöhnlicher Temperatur der Vocalis (einer der Schliesser) früher abstirbt als der Crico-arytaenoideus posticus.

Herz.

Aus quer gestreiften Muskelfasern, die allerdings von denen der Skeletmuskulatur verschieden sind, besteht auch das Herz.

Es schien deshalb interessant zu untersuchen, wie das Herz sich in der warmen Flüssigkeit verhalten würde, weshalb ich an ihm die gleichen Versuche wiederholte.

Sobald das schlagende Froschherz in die 37° C warme Flüssigkeit eingetaucht wurde, beschleunigte sich — wie bekannt — sein Rhythmus und veränderte sich häufig in der Weise, dass auf eine Ventrikelkontraktion mehrere Vorhofschläge kamen. Etwa 1 Minute nach dem Eintauchen hörte der Ventrikel zu schlagen auf, während die Vorhöfe erst 1,5 Minuten nach dem Eintauchen ihre Thätigkeit einstellten. Nach ungefähr 20 Minuten war der Ventrikel starr, während der Vorhof sich noch vollkommen weich anfühlte.

Die gleichen Experimente stellte ich auch an Herzen von Meerschweinchen, Kaninchen und Katzen an — natürlich bei einer Temperatur von 45° C. — und fand stets ein früheres Starrwerden des linken Ventrikels. Erst nach diesem verfiel der rechte dem Rigor, während zu dieser Zeit die Vorhöfe noch vollständig weich waren. Auch im Körper stirbt das Herz in der gleichen Reihenfolge ab [1]), in der es nach Haller zu schlagen aufhört. Auf dem früheren Starrwerden des linken Ventrikels beruht es nach Strassmann [2]), dass derselbe bei Obduktionen, sofern nicht eine Erkrankung des Herzmuskels vorliegt, vielfach kontrahiert und leer ge-

[1]) Onimus, E.: Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1880. p. 629.

[2]) Strassmann, F.: Die Todtenstarre am Herzen. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen. N. F. Bd. 51. 1889. S. 300.

funden wird, entgegen der früheren Ansicht, dass im Tode der linke Ventrikel in Systole, der rechte in Diastole stehen bleibt. Strassmann führt das Weitbleiben des rechten Ventrikels darauf zurück, dass derselbe infolge der schwächeren Entwicklung der Muskulatur sich beim Erstarren weniger kontrahiert.

Die Herzmuskulatur verhält sich also insofern anders, als alle bisher von mir untersuchten Säugetiermuskeln, als diejenigen Teile derselben, welche bei gewöhnlicher Temperatur früher absterben, auch in der Wärme zuerst starr werden. Sie verhalten sich also wie die verschiedenen Froschmuskeln.

Oesophagus.

Während der Kehlkopf bei allen Säugetieren mehr oder weniger die gleichen anatomischen und physiologischen Eigenschaften zeigt, bestehen im Oesophagus bei den einzelnen Tieren die grössten Verschiedenheiten, sowohl in der äusseren Form als auch in der Zusammensetzung der Muskulatur.

Es empfiehlt sich deshalb, die Resultate meiner Versuche für jedes der verwendeten Tiere gesondert zu behandeln und jeweils einen kurzen Ueberblick über die anatomischen Verhältnisse vorauszuschicken. Zuerst seien aber die Versuche, welche ich mit dem Oesophagus anstellte, im Zusammenhang beschrieben.

Das an seinem unteren Ende verschlossene Rohr wurde mit physiologischer Kochsalzlösung mässig gefüllt und das obere Ende durch einen kurzen Gummischlauch mit einem Manometer verbunden. Um dieses jederzeit auf o einstellen zu können, war in dem Verbindungsstück ein T-hahn eingefügt. Bei geöffnetem Hahn wurde der ganze Oesophagus in die warme Kochsalzlösung eingetaucht, dann der Hahn so gedreht, dass die Kommunikation mit aussen aufhörte und das Lumen der Speiseröhre mit dem Manometer in direkter Verbindung stand. Der Versuch wurde ausgeführt mit der Ueberlegung, dass bei Kontraktion der Ringfasern sich das Lumen eines Hohlorgans verkleinert, während es sich durch

Kontraktion der Längsmuskeln vergrössert. In ersterem Falle musste das Manometer steigen, in letzterem sinken. Bei allen Versuchen dieser Art stieg das Manometer; daraus kann man allerdings nur den Schluss ziehen, dass die Längsmuskeln sich jedenfalls nicht verkürzen, solange die Ringmuskulatur noch schlaff ist, da sich diese sonst erweitern und das Lumen grösser werden müsste. Doch darüber lässt diese Erscheinung keinen Rückschluss zu, ob die Ringmuskeln sich zuerst kontrahieren, oder ob Ring- und Längsmuskulatur bei der Verkleinerung des Lumens zusammen arbeiten; noch viel weniger darüber, wieviel die Verkleinerung des Längs- und wieviel der Quermuskulatur zuzuschreiben.

Während des Versuchs wurde der Oesophagus stets durch die Glasscheibe beobachtet, auch nahm ich ihn von Zeit zu Zeit heraus und prüfte seine Reaktion auf den Induktionsstrom.

Eine andere Versuchsreihe wurde in der Weise angestellt, dass die Länge des Oesophagus in gewissen Zeitabschnitten gemessen wurde, um zu sehen, um wieviel er sich verkürzte. In einigen Versuchen wurden auch in bestimmten Zwischenräumen Marken angebracht und ihre Entfernung von Zeit zu Zeit gemessen. Da Farbstoffe sich im Wasser auflösten, wurden als Marken Seidenfäden verwendet, welche um vorspringendes Bindegewebe gebunden wurden.

Die übersichtlichsten Resultate gaben die Versuche bei der Katze. Bei ihr besitzt der Schlund 2 deutliche Einschnürungen [1]), wodurch ein mittleres zylindrisches Stück abgegrenzt wird. Er besteht zum grössten Teil aus quergestreiften Muskelfasern, doch treten vereinzelte glatte schon im mittleren Drittel auf, während erst im letzten Fünftel die quergestreiften Fasern vollständig fehlen. In den äusseren

[1]) Die anatomischen Angaben sind entnommen: Rubeli, Oscar: Ueber den Oesophagus des Kaninchens und verschiedener Haustiere. Bern 1890. Diss. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in dem Lehrbuch der vergleichenden mikroskop. Anatomie der Wirbeltiere von A. Oppel, Jena 1900, Tl. 3, S. 57 ausführlich berichtet.

Schichten beginnen die glatten Fasern früher als in den inneren.

Sobald der am Manometer befestigte Oesophagus in die warme Flüssigkeit kam, machte das untere Fünftel desselben wurmförmige Bewegungen. Dann trat an dem unteren Ende eine deutliche ringförmige Kontraktion und weisse Verfärbung auf. Gleichzeitig stieg auch das Manometer zuerst rasch, von der 2. Minute nach dem Eintauchen dagegen ziemlich langsam an.

Die Erregbarkeit für den Induktionsstrom erlosch zuerst auch an der untersten Partie. Dann schritt das Absterben von unten nach oben weiter.

Nach diesen Versuchen scheinen die glatten Muskelfasern in der Wärme früher abzusterben als die quergestreiften, was eine Analogie zum Absterben der weissen und roten Muskeln darbieten würde [1]).

Doch darf nicht verschwiegen werden, dass das Absterben auch von unten nach oben fortschreitet an einer Stelle, wo überhaupt keine glatten Fasern mehr vorhanden sind.

Aehnlich fiel auch der Versuch mit der Speiseröhre des Kaninchens aus.

Diese besteht aus einer oberen langgezogenen und einer unteren kurzen Spindel, welche durch eine seichte Einschnürung von einander getrennt sind. Die Dicke der Wand nimmt von oben nach unten zu. Es besteht noch eine Streitfrage, ob der Schlund ganz aus quergestreiften Fasern besteht, oder wie bei der Katze, am unteren Ende zum Teil aus glatten (Rubeli).

Beim Versuch hieng der Oesophagus im Gegensatz zu dem der Katze bewegungslos im Gefäss. Bei steigendem Manometer zeigte sich zuerst unten dann oben ein Kontraktionsring.

Aehnliche Ergebnisse wie bei der Katze, nur weniger ausgesprochen, lieferte die Reizung mit dem Induktionsstrom. Der frisch herauspräparierte Oesophagus war in seinem un-

[1]) Hierüber dürften in Kürze genauere Angaben aus dem hiesigen Institute erfolgen.

tersten Abschnitt etwas weniger empfindlich für elektrische Ströme als an andern Teilen. Im warmen Salzwasserbad nahm nun die Erregbarkeit von unten nach oben ab, doch war dies nicht so ausgesprochen wie bei der Katze; denn in der Zeit, in welcher der unterste Teil nicht mehr reagierte, waren auch die andern Abschnitte in ihrer Erregbarkeit sehr herabgesetzt. Ausserdem schritt dies Absterben von unten her auch nur bis zur Mitte vor, indem dann auch die obere Hälfte ihre Reizbarkeit verlor, so dass eine kleine Zone in der Mitte sich am lebensfähigsten erwies. Dabei verkürzte sich die ganze Länge der Speiseröhre innerhalb 65 Minuten ziemlich gleichmässig von 11,5 auf 6,5 cm.

Der Oesophagus des Schafs bildet einen etwa 40 cm langen Cylinder, dessen Wand von oben nach unten an Dicke zunimmt. Die Muscularis besteht wie bei allen Wiederkäuern nur aus quergestreiften Fasern.

Bei diesem Schlund trat die erste Kontraktion in der Mitte auf und an derselben Stelle verlor er auch zuerst seine Erregbarkeit. Die Länge nahm nur sehr langsam ab.

Der Oesophagus des Schweins zeigt im grossen Ganzen dieselbe Gestalt wie der des Hammels, nur dass er in seiner Mitte eine seichte Einschnürung besitzt, wo die Wand am dicksten ist; von da wird sie nach oben und unten dünner.

Beim Schwein stieg das Manometer wie bei allen andern Versuchen, aber natürlich entsprechend der Grösse viel höher. Die Länge der Speiseröhre nahm in den ersten 20 Minuten nach dem Eintauchen ganz bedeutend ab, während sie sich später nur noch sehr wenig verkürzte.

Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse.

1. Beim Grasfrosch erstarren, wie schon früher bekannt, von den Muskeln der unteren Extremität sowohl bei mittlerer wie bei erhöhter Temperatur zuerst die Beuger, dann die Strecker. Werden deshalb die Hinterbeine eines Frosches in physiologische Kochsalzlösung von 36—38° C gehängt, so tritt innerhalb 4—5 Minuten erst Beugung und dann nach weiteren 5 Minuten Streckung ein, wobei die erstarrten Muskeln sich weisslich verfärben und trüb werden.

2. Ferner zeigt sich, dass die verschiedenen Muskeln in einer ganz bestimmten Reihenfolge dem Erstarrungstod verfallen. Zuerst — soweit man sehen kann — erstarrt der Sartorius, Biceps und Flexor tarsi posterior. Unmittelbar neben diesen abgestorbenen weisslichen Muskeln befinden sich rötliche, durchscheinende, lebende.

3. Die zuerst absterbenden Muskeln enthalten offenbar ziemlich viel dünne protoplasmareiche Fasern. Diese sind es, welche zuerst in der Wärme zugrundegehen. Beweis hierfür ist der Sartorius des Frosches, der in warme physiologische Kochsalzlösung gehängt sich regelmässig erst ein wenig um seine vordere (unter der Haut gelegene) Seite und erst später nach hinten krümmt. Vorn aber liegen die dünnen, hinten die dicken Fasern.

Aehnlich, wenn auch weniger deutlich ausgesprochen, verhalten sich auch die oberen Extremitäten in der warmen Flüssigkeit.

4. Bei Säugetieren sterben in warmer physiologischer Kochsalzlösung von 45°C auch wieder die protoplasmareichen Muskeln, also die roten zuerst ab, während die weissen protoplasmaarmen noch lange Zeit für den Induktionsstrom erregbar bleiben.

Es besteht aber ein Gegensatz zwischen den protoplasmareichen Muskeln des Frosches und denen des Säugetiers darin, dass diejenigen des Säugetiers (die roten) bei gewöhnlicher Temperatur viel langsamer absterben und erstarren als die weissen, die des Frosches dagegen (die dünnen), sowohl bei gewöhnlicher Temperatur wie in der Wärme schneller erstarren als die protoplasmaarmen (die dicken).

5. Eigenartige Absterbeerscheinungen in der Wärme bieten die Muskeln des Kehlkopfs dar, indem sich auch hier ein gewisser Gegensatz zwischen Oeffnern und Schliessern nachweisen lässt.

In der Regel erweitert sich nämlich — von Einzelheiten abgesehen — zuerst die Stimmritze, dann verengert oder schliesst sich dieselbe.

6. Ob ein ähnlicher Gegensatz zwischen Ring- und Längsfasern muskulöser Schläuche stattfindet, habe ich nicht feststellen können, indessen bestehen auffällige Unterschiede zwischen verschiedenen Muskeln der Speiseröhre. Die unteren dem Magen zu gelegenen sterben nämlich viel früher ab als die oberen dem Rachen näheren.

Dieser Unterschied ist am deutlichsten bei der Katze, woselbst die unteren Schichten reichlich glatte Muskeln führen, so dass diese, wie es scheint, am schnellsten durch Wärme zugrundegehen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr von Grützner spreche ich meinen besten Dank aus für die grosse Freundlichkeit, mit der er mir seine Unterstützung bei meiner Arbeit zuteilwerden liess.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Adolf Basler, wurde geboren am 13. Mai 1878 als Sohn des prakt. Arztes Dr Wilhelm Basler in Offenburg in Baden, hat im Jahr 1897 die Abgangsprüfung vom dortigen Gymnasium bestanden und im gleichen Jahr die Universität Tübingen bezogen, um Medizin zu studieren. Im Sommer 1899 bestand er daselbst die ärztliche Vorprüfung und unterzog sich im Sommer-Semester 1902 der ärztlichen Staatsprüfung, die er am 14. Juni beendigte. Am 18. Juni bestand er an der gleichen Universität das Examen rigorosum.